

광학식 측정방법을 활용한 풍화지반 버력의 암/토사 구성비율 추정방법 Rock/Soil proportion estimation using image processing technique

진규남¹⁾, Kyu-Nam Jin, 김영진²⁾, Kim-Young Jin, 박성욱³⁾, Sung-Wook Park, 조계춘⁴⁾, Gye-Choon Cho

¹⁾ 한국토지주택연구원 수석연구원, Research Fellow, Land & Housing Research Institute

²⁾ 한국토지주택연구원 수석연구원, Research Fellow, Land & Housing Research Institute

³⁾ (주)넥스지오, General Manager, Research Institute, Nexgeo Inc.

⁴⁾ 카이스트, Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, KAIST

SYNOPSIS : In large construction site, although soil conversion factor is so significant to preliminary design, operation design and calculating the cost of construction that it is important to take reasonable estimation and application, the standard of soil conversion factor for weathered ground doesn't clearly suggested yet. So in this study, at first we obtain the image using DSLR - high resolution camera and Laser scanner in the Haeng-Bok city construction site, then analysis the ratio of soil and rock using various image processing method(Sobel method, Laplace method, Highpass filter, Hue and Saturation analysis). Mutual comparison with the result of image processing analysis and manual segmentation of 5case image in the cad. As a result, best image processing method was different for each case. In case of high proportion of rock, Laplace was best and in case of high proportion of soil, Highpass was best, and mixed case Laplace was best.

Keywords : soil conversion factor, laser scanning, photogrametry

1. 서론

국내 지질조건상 화강암을 기반암 지반조건으로하는 비중이 높으며, 대규모 부지조성공사에 있어 토량 환산계수는 단지설계, 작업계획 및 공사비 산정을 좌우하는 중요 요소이므로 합리적인 산정과 적용이 절실한 실정이다. 현재 화강풍화지반에 대한 국내 토량환산계수 기준이 제시되어 있지 않으며, 설계단계에서 지반조사결과 및 문헌값을 기초로 개략적인 절성토량을 산정함으로, 공사중 발생하는 절성토량의 부조화로 인해 공사지체 및 정확한 토공비 산정에 한계가 있다. 또한 정확한 토량환산계수 적용을 위해 개개 현장별로 원위치 실험을 실시하여 토량환산계수를 산정하기에는 인력과 비용측면에 있어 비효율적이다.

따라서 본 연구에서는 화강풍화 지반조건 현장에서 직접적으로 토량환산계수를 손쉽게 측정하기 위한 기초 연구로써 디지털카메라 및 레이저스캐너를 활용한 영상으로부터 간편하게 토와 암의 구성비율을 인지하는 영상처리기법에 대한 현장 적용성을 평가하고자 한다. 이를 위해 00시 부지조성공사장의 토취장을 대상으로 현장 실험을 실시하였으며, 사용된 디지털카메라 및 레이저스캐너로부터 얻어진 결과로부터 sobel edge detection, profile roughness 등의 영상처리 기법을 통한 토와 암의 구성비율을 산정한 결과와 2D 칼라이미지에 대한 토와 암의 영역구분 수작업 결과를 상호 비교하여 현장 적용성을 검토하였다.

2. 현장실험

본 연구에서는 대규모 토공사가 실시되는 현장, 즉 행복도시 부지 조성현장을 대상으로 대상지 내의 토와 암의 구성 비율 별로 5가지 현장에 대하여 사진측량 기법과 레이저스캐닝 기법을 이용하여 토와 암의 구성 비율을 분석하여 신뢰성 있는 토량환산계수의 산정방법을 결정하고자 한다(그림 2.1).

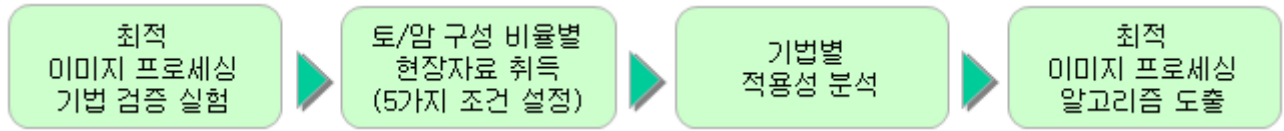


그림 2.1 실험 수행 및 연구과정

행복도시 부지 조성공사 1-2공구에서의 실험은 총 5개 site에서 진행되었다. 호박돌로 구성된 site1에서부터 토사로만 구성된 site5까지 입자의 크기 순서대로 실험을 수행하였다. site1, site2는 암이 100%로 구성, site3, site4는 토사와 암반의 혼합되어 있으며 site5는 토사의 구성이 높은 현장이다(그림 2.2).

현장에서의 실험은 크게 DSLR 고해상 카메라, 적외선 필터를 이용한 촬영과 레이저스캐너를 이용하여 수행하였다.

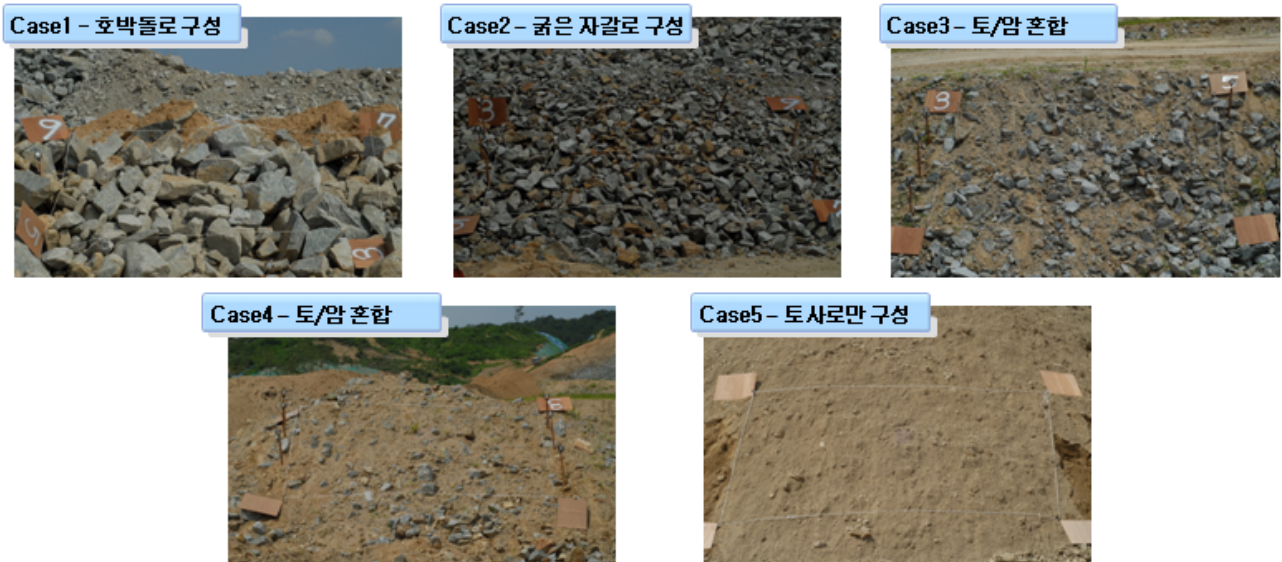


그림 2.2 현장 샘플링 조건

3. 이미지 분석 기법

토와 암의 구성비율을 분석하기 위하여 본 연구에서는 4가지의 이미지 분석기법을 이용하였다. 분석 기법 중에 Sobel, Laplace와 푸리에 변환을 통한 주파수 영역에서의 highpass filtering은 1차 미분, 2차 미분과 주파수 영역에서의 영상처리라는 차이가 있지만 모두 edge detection method로서 기울기가 급변하는 곳에서의 변화를 관측하여 edge를 추출하는 방법이다. 토사의 구성비율이 높은 경우는 작은 입자가 무수히 많기 때문에 edge가 많이 분석될 것이고, 암으로만 구성되어진 경우는 edge가 조금 분석될 것이라는 가정 하에서 본 영상처리 방법을 적용하였다. 또한 HSV, 즉 hue, saturation, value는 명도, 채도, 색 3가지를 이용하는 영상처리 방법으로써 DSLR을 이용하여 사진 촬영을 하였을 때 반사되는 강도와 토와 암의 색 차이에 의해 토와 암의 비율을 분석하는 방법이다.

4. 자료 처리

4.1 Sobel method

Sobel filtering은 1차미분에 의한 윤곽선 검출 방법으로 각 case별 현장에서 촬영한2D 칼라영상을 가지고 윤곽선 검출에 의한 토와 암의 구성비율 분석하였다. 현장에서 촬영한 2D이미지를 자체 개발한 sobel filtering program(그림 4.1)을 활용하여 분석하였다. 분석결과 암 부분이 빨간색으로 도출되었으며 분석된 이미지를 수치해석, 영상처리 프로그램인 Matlab을 이용하여 토와 암의 구성비율을 분석하였다. RGB의 true color에서 적색 밴드만 추출하여 적색밴드의 값이 높은 부분을 하얗게 만들고 나머지를 검게 만들어 토와 암을 구분하였다.



그림 4.1 Sobel filtering program

4.2 Laplace method

Laplace filtering은 2차미분에 의한 윤곽선 검출 방법으로 각 case별 현장에서 촬영한2D 칼라영상을 가지고 윤곽선 검출에 의한 토와 암의 구성비율 분석하였다. 현장에서 촬영한 2D이미지를 Matlab을 이용하여 불러들인 후, 필터 코딩(이임건,2006)을 하여 토와 암의 edge를 추출하였다(그림 4.2).



그림 4.2 Laplace filtering

분석된 edge를 gray scale로 전환하고 일정 threshold를 설정하여 기준보다 높으면 암(흰색)과 기준보다 낮으면 토(검은색)로 모두 전환하였다.

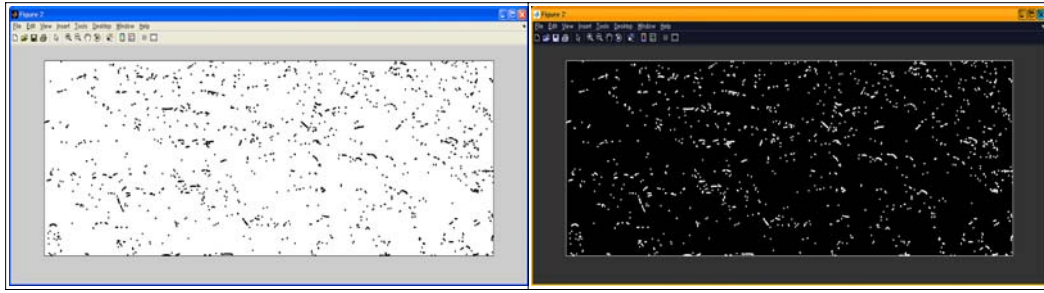


그림 4.3 토사와 암 분석 결과(좌), 반전이미지(우)

4.3 Highpass filter

본 연구에서 사용한 Highpass filter는 칼라영역에서의 공간·시간 영역이 아닌 주파수영역에서 수행하였다. 푸리에 변환, 즉 이미지를 공간·시간 영역에서 주파수 영역으로 전환시키는 과정을 수행하여 그림 4.4와 같은 주파수 이미지를 획득하였다(John R.Jensen,2005).



그림 4.4 푸리에 변환에 의한 주파수 영역

주파수 영역에서 Highpass filtering을 수행한 결과 암석이 포함된 영역이 실제 현장 실정에 맞게 윤곽선이 추출된 것을 확인할 수 있었다. 윤곽선 추출 후에 역푸리에 변환, 즉 주파수 영역에서 다시 공간·시간 영역으로 전환하여 수치해석, 영상처리 프로그램인 Matlab을 이용하여 불러들인 후 토와 암의 구성비율을 분석하였다. 변환한 이미지의 대조비가 낮기 때문에 이를 영상의 영역 분포가 최대한이 되도록 히스토그램을 펼치는 영상 스트레칭 과정을 수행하였다. 또한 토사와 암을 구분 짓기 위해 일정 threshold를 설정하여 토와 암의 비율을 분석하였다.



그림 4.5 토사와 암 분석 결과(좌), 반전이미지(우)

4.4 H.S.V analysis

본 연구에서 사용한 H.S.V 방법은 이론적으로 색, 명도, 채도의 차이를 이용하여 분석하는 방법으로 암석과 토사의 색 차이와 반사 강도 차이를 이용하여 암과 토사를 구분하는 방법이다. 색상을 일단 적색으로 설정하였고 명도와 채도를 조정하여 암과 토사가 구분되는 최적의 값을 찾았다(그림 4.6).

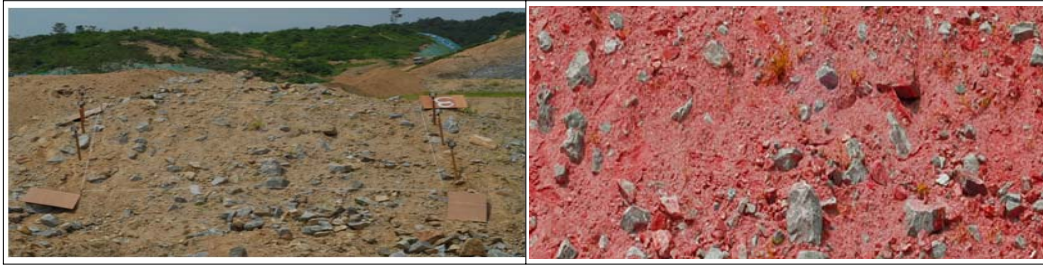


그림 4.6 H.S.V analysis

분석된 이미지를 수치해석, 영상처리 프로그램인 Matlab을 이용하여 RGB 값을 각각 적색, 녹색, 청색 밴드로 나누고 적색, 녹색과 청색의 대소관계를 설정하고 그에 따른 조건을 주는 알고리즘을 코딩하였다. 분석된 알고리즘에서 일정 threshold를 지정하여 일정 수치보다 높게 나타나면 암(흰색), 낮게 나타나면(검은색)으로 표현하였다.

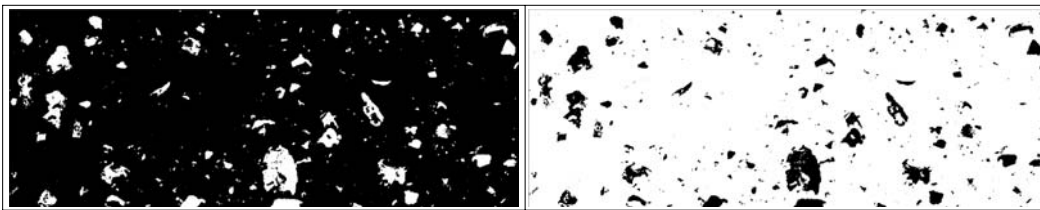


그림 4.7 토사와 암 분석 결과(좌), 반전이미지(우)

5. 비교 분석

5.1 reference value

앞서 분석한 4가지의 방법의 정확성 검증을 위해 Autocad를 이용하여 칼라 영상의 암석부분을 폴리곤으로 영역을 지정해주고 그 면적을 계산하여 암의 구성비율을 구하였다(그림 5.1). 큰 암으로 구성된 site 1,2의 경우는 유관으로 관찰하였을 때 토사가 관찰되지 않았고 폴리곤으로만 구성되어 있으므로 암의 구성비율을 100%로 설정하였다.

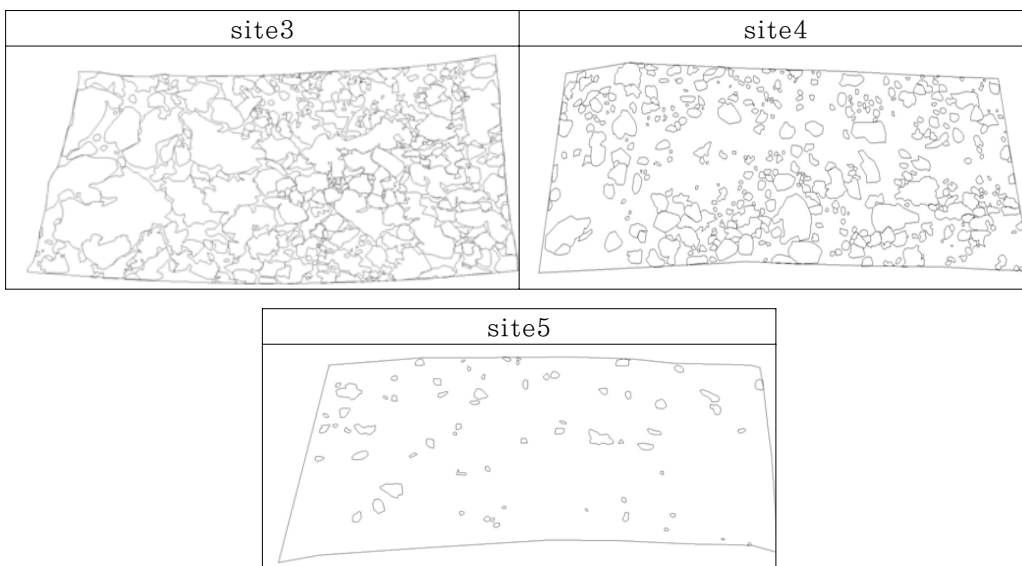


그림 5.1 Autocad를 이용하여 칼라영상에서 추출한 폴리곤

생성한 폴리곤(암)을 이용하여 토사와의 구성비율을 분석한 결과는 표 5.1과 같다. 암의 구성비율은 Autocad를 이용하여 폴리곤/전체의 비율을 계산하였다.

표 5.1 암 구성비율 reference value

site	s1	s2	s3	s4	s5
암 구성비율(%)	100	100	44.57	32.33	3.35

5.2 결과 분석

앞서 현장에서 촬영한 2D 칼라 영상을 이용하여 영상처리 및 분석을 수행하였다. Sobel, Laplace, Highpass filtering, HSV 방법을 이용하여 각각 토사와 암의 비율을 분석하였다. 분석된 결과값과 reference value를 이용하여 현장실정에 맞는 최적의 이미지 분석기법을 도출하였다.

표 5.2 암 구성비율 비교

(단위 : %)

Method \ Site	Reference value	Sobel	Highpass	Laplace	HSV
S1	100	86.22	97.04	98.94	98.07
S2	100	87.13	94.56	96.1	97.66
S3	44.57	97.22	50.71	47.31	39.79
S4	32.33	13.44	14.04	35.55	7.91
S5	3.35	0.01	0.75	12.69	0.03

분석한 결과를 다음과 같이 차트(그림 5.2)로 표현하였다. 큰 암의 구성비가 높은 site1, site2 그리고 모래의 구성비가 높은 site5에서는 대체로 참값과 일치했지만 일부 site에 대해서는 일치하지 않는 경향을 보였다.

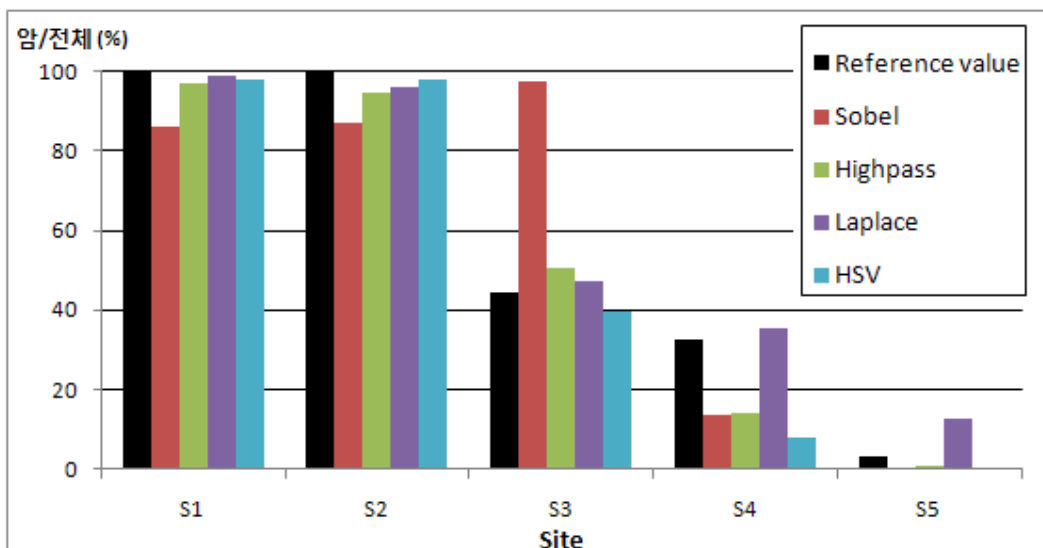


그림 5.2 분석 차트

본 연구에서의 분석결과(그림 5.3)을 토대로 비교해 볼 때, 영상처리를 이용한 토사와 암 비율 분석에 있어 암의 구성비가 높은 경우는 Laplace, Highpass, HSV분석, 토사의 구성비가 높은 경우는 Sobel, Highpass, HSV분석이 적합하다고 판단된다. 토사와 암이 혼합되어 있는 경우에는 Laplace filtering이 reference value와 비슷한 경향을 나타냈다.








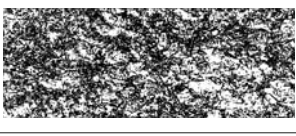
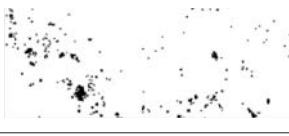

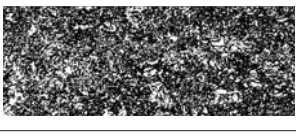
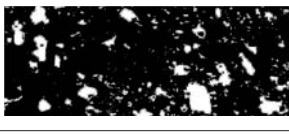

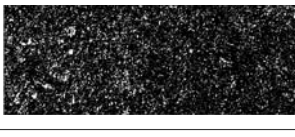

Site	현장 사진	Laplace	Sobel
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

그림 5.3 이미지 분석 결과 비교





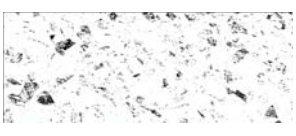
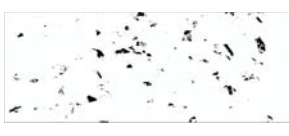

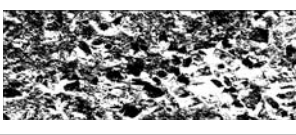
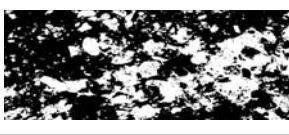

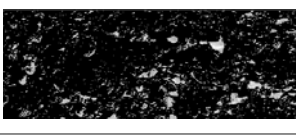




Site	현장 사진	Highpass	HSV
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

그림 5.3 이미지 분석 결과 비교(계속)

6. 결론

현장 별로 정확한 토량환산계수 적용을 위해 00시 풍화 지반조건의 현장에서 DSLR 고해상 카메라와 레이저스캐너를 활용하여 영상을 획득하였다. 현장에서 획득한 2D칼라 영상을 이용하여 4가지의 서로 다른 영상처리 기법을 수행한 결과 암의 비중이 높은 현장에서는 Laplace, Highpass, HSV분석이 reference value와 대체로 일치하는 경향을 보였고, 토사의 비중이 높은 경우는 Sobel, Highpass, HSV분석이 reference value값과 대체로 일치한다고 분석되었다. 하지만 토사와 암이 혼합된 경우에는 이미지 프로세싱 기법별로 암의 구성비율에 있어 어느 정도 차이를 보였으며, 대체로 잘 부합하는 결과가 도출되었다. 따라서 분석결과, 토와 암의 구성비율 분석에 있어 현장 조건에 맞게 적용기법을 달리해야 최적의 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 향후 금번연구에서 수행한 5가지의 샘플링 조건의 경우수를 확대하여 다양한 조건에서 실험하여 결과를 상호 비교분석한다면 좀 더 적용성이 우수한 분석기법을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 이임건, 박성대, 한수환(2006), Matlab을 이용한 영상처리, 미래컴, 서울, pp.96~124.
2. John R.Jensen(2005), 원격탐사와 디지털 영상처리, 시그마프레스, 서울, pp.313~320.